

# 张礼：生命不息 育人不止

徐湛<sup>†</sup>

(清华大学物理系 北京 100084)

2023-04-25 收到

<sup>†</sup> email: zx-dmp@tsinghua.edu.cn

DOI: 10.7693/wl20230808

2023年2月11日，清华大学年龄最大的讲课教师、“2021北京榜样”年榜人物、物理系退休教师张礼教授永远离我们而去了，享年98岁。

## 1 早年经历

张礼<sup>[1-5]</sup>1925年1月生于天津，祖籍安徽祁门。1942年进入北平(今北京)辅仁大学物理系学习，1946年以理学院第一名的成绩毕业，1946年到1947年在山东大学任助教，1947年到1948年在辅仁大学任研究助教，1948年自费到美国康奈尔(Cornell)大学攻读博士学位。

张礼在康奈尔大学的时候，国内的解放战争取得决定性的胜利。他的一位好友李自然对他表明自己的中共党员身份，动员他回国参加革命工作。经过激烈的思想斗争，张礼放弃了在美国留学，于1949年初回到解放区。1949年张礼在天津北洋大学(后改名为天津大学)加入中国共产党，担任物理系助教，

1950年晋升为讲师，1952年全国高等学校院系调整后转为南开大学讲师。由于此前在天津大学时张礼已被选派到前苏联留学，所以1952年他到北京俄文专修学校留苏预备部学习俄文，1953年到列宁格勒大学做理论物理研究生。

## 2 留苏和正电子湮没的研究

张礼在列宁格勒大学的学位论文选题是苏联科学院院士福克(V. A. Fock)建议的。福克在理论物理领域有许多建树，包括多粒子理论中的哈特利—福克(Hartree—Fock)方法。福克在这个方向上给张礼出了一个“电子—正电子多体系统和电子—正电子湮没跃迁”的题目，就让张礼自己去想了。张礼经过深入思考，成功地把外场(例如原子核场和固体周期场)作用下多电子—正电子体系的定态和湮没跃迁问题纳入了福克理论的框架。他的理论能显示出在湮没过程中外场对电子—正电子相互作用的影响，给出湮没

线的自然宽度、两光子角关联以及多电子关联效应，从而奠定了正电子在多电子体系中湮没的理论基础。张礼只用三年的时间就完成了学位论文，1956年6月在论文答辩会上得到评审人的高度评价，获得了副博士学位。随后一年，他在列宁格勒大学物理研究所继续进行相关课题的研究，主要是数值计算，其岗位的性质相当于现在的博士后。

20世纪60年代以后，人们认识到正电子湮没辐射能够携带关于母体中的电子结构和缺陷特性的许多信息，正电子湮没技术不仅在原子分子物理、固体物理、材料科学的研究方面，而且在化学、生物学以及医学中获得了广泛的应用(例如正电子发射断层扫描，PET)。张礼的研究成果对于这些发展做出了很大的贡献。

1956年，面对新中国成立以后百废待兴的建设任务和先进科学技术的快速发展的需求，党中央发出了“向科学进军”的伟大号召。在这样的背景下，清华大学成立了一批新兴科学技术系，其中包括以原子核科学技术为主的工程物理系(下文简称工物系)。为了引进相关的学术人才，时任清华大学校长蒋南翔到苏联去挑选中国留学生，看到张礼是物理专业，就提请教育部把张礼调进清华大学工物系。因此张礼在1957年回国，是直接到清华报到的。从那以后，张礼为清华的物理学科建设和人才培养倾注了自己毕生的心血。

## 3 参与创建清华大学工物系和建立理论物理组

1957年张礼到清华大学工物系工作，任副教授，并任核物理教研组主任，1958年起兼任分管教学和

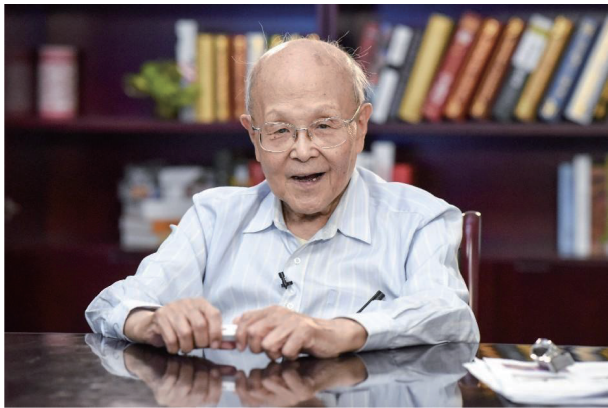


图1 张礼(杨丽英供稿)

线的自然宽度、两光子角关联以及多电子关联效应，从而奠定了正电子在多电子体系中湮没的理论基础。张礼只用三年的时间就完成了学位论文，1956年6月在论文答辩会上得到评审人的高度评

研究生的副系主任，同时是系党总支(后来是系党委)委员。由于行政工作繁忙，又在教学上付出很多，他的科研工作可惜未能继续下去。

工物系刚建立的时候，教师的平均年龄只有26岁半，而且大多数人是新入行，面临着再学习的艰巨任务。张礼在系里开出了“原子核理论”课，还指导青年教师研读有关的参考书和开展问题讨论，帮助他们很快地走上了教学岗位，保证了基础理论教学的较高水平。系里当时还来了一批苏联专家，带来了一些俄文教材并讲一些课。张礼和两位苏联专家合著了《低能光核过程》一书，帮助教研组在所选的这个实验课题上开展研究工作，该书的中文译本由人民教育出版社在1960年出版。

蒋南翔一贯认为“理”和“工”在科学规律上是不能分家的。1958年，为进一步加强清华的理科教学和研究，蒋校长和时任系主任的何东昌决定在工物系成立理论物理教研组，以张礼为学术带头人。系里通过提前抽调、毕业留校、外系调入等方法，在1959年为理论物理组搭起了初步的班子。此后每年从实验核物理专业的学生中选拔几人，因材施教，向理论方向进行培养。张礼在组里开出了核理论(包括核结构、核衰变、核反应)、基本粒子理论、量子场论、等离子体理论(包括磁流体力学和受控热核反应)等课程，学生也学得积极主动，科研能力很快得到提高。由于理论物理的学习培养了学生的思考和探索能力，从这个组毕业的学生，如前中国科学院理论物理研究所研究员郭汉英、1991年中国物理学会吴有训物理奖获得者陈永寿等，都在科研领域做出了很好的成绩。又如留清华工作的赵南明，后来在复建清华

大学生物系及创建生命科学与医学学科群方面做了出色的工作，荣获2006年度清华大学突出贡献奖。

蒋南翔还提出要挑选品学兼优的少数学生给予加强培养，即“因材施教”。工物系的这项工作也由张礼具体负责，并且不限于理论物理。选拔优秀学生进行因材施教，始终是张礼极为关注并热情投入的工作。他定期和基础课教师联系，研究培养方向和措施，还不定期地与因材施教学生座谈，指导这些学生成长。笔者就是曾经参与张礼先生座谈的学生之一，在座谈中，张先生给我们的印象是既平易近人又眼光深远，我们从中受益很大。“因材施教”除了培养出一批优秀的学生以外，对于带动全系学生树立刻苦钻研的学风也起了很好的作用。

#### 4 访问玻尔研究所和高能核子散射的研究

从1957到1963年，张礼基本上没有时间从事科研工作，但在1963年，他获得了一个到丹麦哥本哈根尼尔斯·玻尔研究所(Niels Bohr Institute, 下文简称玻尔所)访问工作一年的机会<sup>[6]</sup>，同去的还有时任复旦大学物理系副主任杨福家(实验核物理学家，1991年当选为中国科学院院士)。这是新中国成立以后中国与西欧国家最早的一次实质性的科技交流。

丹麦是西方最早(1950年)与我国建立外交关系的国家之一，玻尔所一向秉承把研究所办成国际合作科研机构的理念，前后两任所长尼尔斯·玻尔和他的儿子奥格·玻尔(Aage Bohr)都是诺贝尔物理学奖获得者(常分别被称为老玻尔和小玻尔)，也都对中国十分友好，想方设法极力推动中国物理学家去玻尔所访问。因此，在当时我国的国际学

术交流受到极大限制的情况下，玻尔所就成为我们与西方科学界沟通的一个重要渠道。在经历了关于奖学金问题的一段风波之后，张礼和杨福家终于在1963年10月11日飞抵哥本哈根。

张礼在玻尔所的研究工作主要是与日本资深理论物理学家木庭二郎(Ziro Koba)合作，研究高能粒子碰撞理论。高能核子—核子散射不能用微扰论处理，他们就把 $S$ 矩阵参数化，从么正性和各种对称性出发，计算这个多通道 $S$ 矩阵的各种参数，结果有助于解释实验数据。张礼(作为第一作者)和木庭写好论文，准备参加1964年的国际高能物理会议。但使馆指示说：该会议是联合国教科文组织支持的，而当时联合国承认台湾不承认我们，因此张礼不得参加，也不得在文章上署名，张礼只能照办。后来张礼继续发展了这个方法，于1965年与木庭一起署名在 *Nuclear Physics* 上发表了相关的论文，这就没问题了，因为这个杂志是荷兰人办的。

张礼和杨福家对玻尔所的访问，不仅使自己的科研工作接轨世界科学研究的前沿，而且为其他中国科学家到玻尔所访问打下了基础。且不说别人，笔者在1978年通过考研究生重新回到清华工物系并取得了公派出国的资格以后，正是借助张、杨建立的关系得以往玻尔所进修，于1979年夏末开始在那里学习、工作了一年多。十分巧合的是，我在玻尔所跟随工作的美国物理学家杰瑞·布朗(G. E. Brown, 来自纽约州立大学石溪分校 SUNY Stony Brook)正是张礼先生在玻尔所的熟人，张先生在接受访谈<sup>[3]</sup>时还提到了他。布朗教授曾笑着对我回忆说：“那时候我和张一起探讨了原子核中的SU(4)对称，可惜不是那



图2 张礼和杨振宁及清华大学第一届基础科学班的教师和学生在一起(杨丽英供稿)

个正确的SU(4)。”

张礼在这一年的时间里还学习掌握了当时粒子物理前沿的SU(3)味对称和有关夸克的理论，本希望回国以后继续做些研究。但回国以后发现这个方向被认为“脱离实际”，不能搞，教研组的科研已经转到与国防有关的方向上了。为适应形势，张礼只好开设了一门“中子和伽马射线的输运理论”的课程。及至“文化大革命”开始，教学和科研工作都中断了。

## 5 参与固体物理研究班的教学

在“文化大革命”中，张礼没法从事教学和科研，唯一可以记述的事情是，他短时参与了固体物理研究班的教学工作。

1972年7月，杨振宁教授在回国时向周恩来总理呼吁“倡导一下基础理论的学习和研究”。周总理很重视这一意见，立即指示有关部门的领导，要把我国的基础研究搞上去，强调“要认真实施，不要浅尝辄止，如浮云一样，过了就忘了”，“这事不能再拖了”。当时在清华分管科研的生产组副组长滕藤听了周

总理指示的传达，回来就与分管教学和科研的党委副书记何东昌商量如何贯彻，经认真研究后决定：开办4个与基础科学相关的研究班，其中包括固体物理研究班，学员从毕业不久留校工作的新教师中选拔。听到这个消息，张礼感到十分振奋，

积极准备在研究班讲课。但是到了1973年秋天，“四人帮”发动所谓的“反右倾回潮”，何东昌和滕藤受到批判，开学不到8个月的研究班被迫解散。到了“文化大革命”结束以后的1978年，在原来学员的强烈要求下，研究班才得以恢复。固体物理班的学员要上量子力学，大家要求张礼来讲，张礼欣然从命，讲课受到学员的热烈欢迎。1980年，研究班的学员完成了学业，1982年，大部分毕业学员补做了学位论文并补授了硕士学位。固体物理研究班中的许多人后来成为清华大学凝聚态物理学科的骨干力量，其中顾秉林、朱邦芬、范守善、隋森芳先后当选为中国科学院院士。隋森芳当选院士后接受采访时，还提到张礼的讲课给了他巨大的帮助。固体物理研究班毕业学员的出色表现，使张礼感到自己做了一件有重要的事情。

## 6 微扰量子色动力学研究和旋量演算方法的提出

“文化大革命”以后，张礼除了讲课和担任副主任以外，可以放

心做科研了。1978年张礼被晋升为教授。他抓紧时间补上了被耽误多年的物理学前沿知识的学习，基本上掌握了规范场(Yang—Mills场)理论以及相关的弱电统一理论。

1979年，美国加州理工学院(Caltech)和清华大学建立了合作关系，该校数学物理天文部主任福格特(R.Vogt)邀请张礼到加州理工访问工作一年。于是1980到1981年张礼在该校的粒子理论组从事研究，该组有著名的理论物理学家费曼(R.Feynman)和盖尔曼(M. Gell-Mann)，学术氛围很浓。张礼参加了该组在量子色动力学(QCD)方面的研究，与3位合作者一起发表了关于 $\pi$ 介子形状因子的论文，还独立研究了光子—光子碰撞理论。这一年使张礼接上了中断十多年的科研工作链条。1981年张礼回校后不久就被任命为工物系主任，清华的理论物理学科被列入全国第一批博士点，张礼被评为第一批博士生导师。1982年6月清华大学决定恢复物理系，原工物系的固体物理、核物理、理论物理专业转到物理系，张礼担任了物理系复系后的第一任系主任，直到1984年卸任。

1983年，美国哈佛(Harvard)大学华裔教授吴大峻(Tai Tsun Wu)应张先生的邀请来清华访问。吴教授是国际著名的理论物理学家，在我们的座谈中，他介绍了研究无质量的量子电动力学(QED)中的多重韧致辐射和 $e^+e^-$ 多光子湮没的螺旋度振幅方法，当时他正和比利时及荷兰的一批物理学家(组成CALKUL Collaboration研究团队)用这个方法开展工作。吴教授提出，一个很自然的问题是：这个方法能够推广到非阿贝尔规范场论例如QCD中吗？这样，由张礼先生、我

以及张先生指导的博士生张达华组成的小组就此开展了研究。

我在仔细阅读CALKUL合作组的论文的过程中,发现他们还没有充分利用费米子螺旋度旋量的优点,因而未能把螺旋度振幅的化简做到“底”。我提出了把规范玻色子(例如光子)的螺旋度极化矢量也用费米子螺旋度旋量表出的新方法,再加上利用理论的规范不变性,通过适当的规范选择,可以发现某些确定的螺旋度组合的振幅直接消失,非零的螺旋度振幅也完全可用螺旋度旋量的内积表出,因而做到了计算过程的最大简化和计算结果的最简表达。我们在1984年底发表了三个清华大学预印本,国际高能物理界的反应非常热烈,很快出现了应用这个方法的新工作,但当时只能引用我们的预印本。由于期刊编辑部要求压缩为一篇文章,最后我们的论文在1987年才得以在*Nuclear Physics B*上发表。我们从学术的角度称这个方法为旋量算法(spino calculus),但国际上给这个方法起了一个别名叫“中国魔术”(Chinese Magic)。世界著名理论物理学家威腾(E. Witten, 1990年菲尔兹奖获得者)在《规范场理论50年(50 Years of Yang-Mills Theory)》一书的第19章“Gauge/String Duality for Weak Coupling”中,专门写了第2节“Helicity Amplitudes and Twistor Space”,利用旋量演算方法建立起了螺旋度振幅与扭量(twistor)空间的关系,并指出:规范场理论微扰展开的螺旋度振幅是出人意料地简单的解析函数,这种简单性可能是理解规范理论的新线索。由于这项研究成果,我和张礼先生获得了由周培源基金会设立和颁发、委托中国物理学会进行评选的2013年

第九届周培源物理奖。

## 7 编写《近代物理学进展》和《量子力学的前沿问题》

近代物理学的一些重大突破为基础物理和它的应用带来了革命性的变化,并促成了许多新学科、新产业的形成和发展。因此张礼认为,给物理和应用物理相关专业的研究生开设一门比较全面地介绍近代物理学新进展的课程是有益的。1993年春,在时任物理系主任陈皓明的倡议下,组织物理系和工物系的14位教授,面向有关专业的博士生开了《近代物理学进展》课,受到了热烈欢迎。在这个基础上,由张礼主编、13位教授参编的《近代物理学进展》一书于1997年由清华大学出版社出版。该书有21个专题,涉及凝聚态物理、原子分子物理、近代光学、核物理及粒子物理、天体物理及宇宙学等诸多领域,特别着重介绍了一些获得诺贝尔物理学奖的成果。该书被评为普通高等教育“九五”国家教委重点教材,张礼和陈皓明获得了1996年北京市教学改革一等奖。后来张礼又对该书第1版的选题做了调整,内容做了增补和更新,还增加了8个新的专题,参编教授扩大到26人,作为“清华物理丛书”中的一册在2009年出了第二版。

1986年,杨振宁教授应中国科学技术大学研究生院邀请,在北京以“相位与近代物理”为题,一连作了9次系统的学术报告。

报告内容涉及近代物理中很多重要概念的萌芽、发展和确立,不仅深刻阐明了它们的理论内涵,还介绍了澄清概念的关键实验。张礼听了全部报告,深受启发。事后与南开大学的葛墨林教授商议,决定二人合作写一本书,叫做《量子力学的前沿问题》,帮助物理专业的研究生较快地从基础理论的学习过渡到科研实践。

这本书从量子力学的诠释谈起。关于这个问题(例如怎样理解电子的双缝干涉现象)多年来一直存在争论,为厘清其中的概念,近年来进行了许多理论和实验研究,需要较系统地介绍给学生。此外,量子力学中的几何相位问题、量子与经典的界限、纠缠和退相干、路径积分方法、宏观意义的量子力学等等,都是近年来量子力学基础理论方面的新发展。还有量子物理的一些前沿问题如拓扑相因子、腔量子电动力学、量子霍尔(Hall)效应、玻色-爱因斯坦凝聚等等,都是量子力学的最新应用,又反过来促进了量子力学的发展。张礼负责编写该书以上这些部分的内容。另一方面,杨振宁-巴克斯特(Baxter)系统和量子代数已发展成为数学物理的重要分支,也和许多量子力学问题



图3 张礼的著作

密切相关。这部分由葛墨林编写。

从1990年起,张礼开始准备写书。这本书涉及的领域很广,除少数较为基础的问题以外,有关原子分子物理和近代光学以及凝聚态物理的很多量子力学问题,是张礼所不熟悉的,需要从头学起。这个学习过程前后延续了五、六年,他并不以为苦,因为他生性喜爱学习新知识,何况这次学习的目的性非常明确并很有意义。作为清华大学学术专著,《量子力学的前沿问题》于2000年4月出了第一版。2012年3月经过更新和增补,出了第二版。英文版也由清华大学出版社和新加坡World Scientific出版社联合出版。以这本书为教材,清华大学物理系从2000年起开了《量子力学前沿问题》课,张礼一直亲自讲授这门课(几年前青年教师胡嘉仲加入合教),因而成为清华大学年龄最大的讲课教师,一直到他不幸离世。

还应该提到的是,张礼对于科普工作也充满热忱,特别是把国外优秀的科普读物介绍到中国来。他翻译并由清华大学出版社出版的国外科普读物有:郝京(Hawking)著的《时间的简明历史——从大爆炸到黑洞》(该书另一个更为人熟知的中文译本是《时间简史》),徐一鸿(A. Zee)著的《爱因斯坦的玩具——探寻宇宙和引力的秘密》(2004年第一版,2022年第二版)和《可畏的对称——探寻现代物理学的美丽》(2005年第一版,2022年第二版)。

## 8 关于宏观量子现象及玻色—爱因斯坦凝聚理论的研究

准备写书的努力推动张礼于古稀之年又开始了新领域的研究。先是在调研量子力学宏观效应时,他发现有不少物理学家正在对介观磁

性颗粒的量子现象进行研究,还有不少问题尚待深入探索。于是他同物理系朱嘉麟教授的研究生吕嵘一起开展研究,获得了有意义的结果。吕嵘根据这些成果写成的博士学位论文,在2002年获得了全国百篇优秀博士学位论文奖。吕嵘现在是清华大学物理系教授。

1995年,物理学的基础研究有一项重要的进展:碱金属原子气体的玻色—爱因斯坦凝聚体在实验室中制备成功。张礼认为应该积极开展这方面的研究,但是自己缺乏经费和学生。幸而1997年在杨振宁教授的倡议和领导下,清华大学成立了高等研究中心(下文简称高研中心,以后改名为高等研究院,下文简称高研院),旨在推动清华大学的基础研究。高研中心有良好的研究环境,国际知名学者络绎来访,各种学术研讨会不断举行,招收了相当数量的高素质研究生,还有一些优秀的本科生参加学术活动。在这样的背景下,张礼在高研中心组织了玻色—爱因斯坦凝聚(BEC)研讨班,吸引高研中心和物理系不少研究生来参加,这个研讨班也一直延续到他离世。与此同时,这个领域的国际著名学者也频频来访,带来了最新的研究进展和仍待探索的课题,也为研究生创造了向他们请教乃至合作的条件。其中特别应该提到的是美国俄亥俄州立大学(OSU)的何天伦(Tin-Lun Ho)教授,和乔治亚理工学院(GATECH)的尤力教授,对高研中心在BEC研究领域的成长做出了重要贡献,使高研院的冷原子物理研究迈入了国际前沿,出现了翟荟(杨振宁教授在高研中心的博士生,现已任高研院教授)、胡辉、刘夏姬、周琦、张世忠等杰出的青年研究人员。尤力教授最后回到了

国内,被聘为清华大学物理系教授。在这个过程中,张礼自己也参加研究工作,作为合作者在国际知名期刊上发表了6篇论文,并且指导一名博士生获得了学位。2009年,84岁高龄的张礼在*Physical Review A*上发表了合作论文,不能不让人敬佩。

## 9 “当一名教师十分幸福”

2018年9月10日的教师节,中央电视台推出了名为《春华秋实》的特别节目。张礼作为特邀嘉宾接受著名主持人李佳明的采访时,深情地说:“我觉得当一名教师十分幸福”,“教出好的学生就是对自己的最高奖赏,就是自己的成就”。

正是这样的思想境界,张礼数十年持之以恒,对自己学而不厌,对学生诲人不倦,在物理教学、研究和人才培养事业中实现了自己的人生价值。

**致谢** 感谢熊家炯、张玫、朱邦芬、翟荟在提供历史资料及情况介绍方面的极有价值的帮助和建议。

## 参考文献

- [1] 中国物理学会(编),熊家炯(撰). 中国科学技术专家传略·理学编·物理学卷5. 北京:中国科学技术出版社,2022. pp.75—90
- [2] 朱邦芬(编). 清华物理80年. 北京:清华大学出版社,2006. pp.151—152
- [3] 王作跃,尹晓冬. 科学文化评论,2018, 15(2):pp.101—118
- [4] 清华大学工程物理系建系55周年(1956—2011)纪念册(内部出版). p.115
- [5] 钱锡康,邢振华,黄文辉,冯伟萍(编著),理工结合又红又专——清华大学工程物理系人才培养纪实. 清华校友总会,2013. pp.65—68,75—76
- [6] 尹晓冬,王作跃. 自然科学史研究,2013,32: pp.470—490